



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**02.02.2000 Patentblatt 2000/05**

(51) Int Cl.7: **H01C 7/02**

(21) Anmeldenummer: **99810624.9**

(22) Anmeldetag: **13.07.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

- **Glatz-Reichenbach, Joachim, Dr.**  
**5404 Baden-Dättwil (CH)**
- **Rajala, Erkki**  
**65370 Vaasa (FI)**
- **Skindhoj, Jorgen, Dr.**  
**Frederiksberg (DK)**

(30) Priorität: **25.07.1998 DE 19833609**

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**  
**8050 Zürich (CH)**

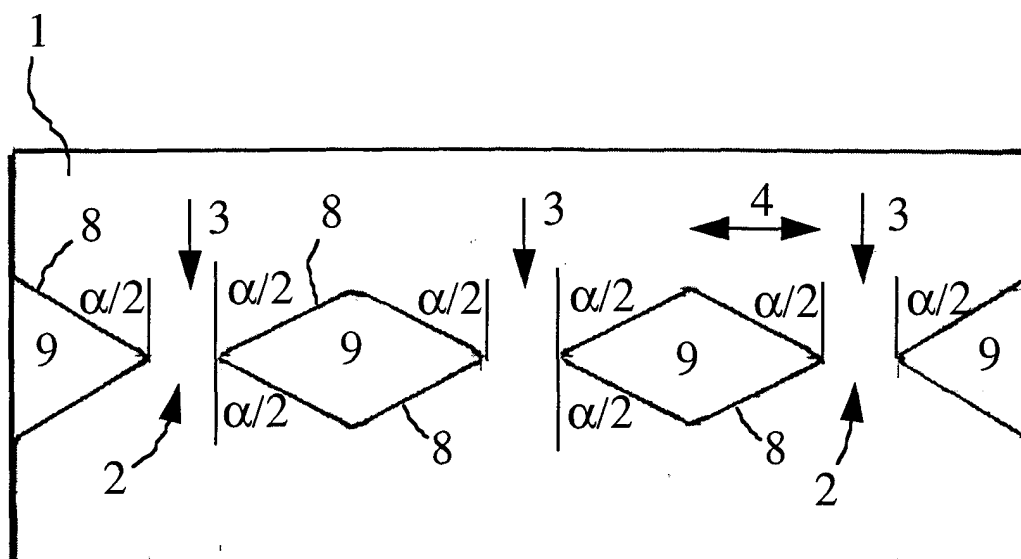
(74) Vertreter: **Kaiser, Helmut, Dr. et al**  
**ABB Business Services Ltd.,**  
**Intellectual Property (SLE-I),**  
**Haselstrasse 16 / Bldg 699**  
**5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Strümpfer, Ralf, Dr.**  
**5412 Gebenstorf (CH)**

(54) **Elektrisches Bauteil mit einer Einschnürung in einem PTC-Polymerelement**

(57) Beschrieben wird ein PTC-Polymerelement (1) als Teil eines elektrischen Bauteils mit einer neuen Struktur, bei denen Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) auf beiden Seiten von Einschnürungen (2) in dem PTC-Polymermate-

rial zumindest  $100^\circ$  betragen. Dadurch lässt sich ein verbessertes Ansprechverhalten erzielen, und in Verbindung mit weiteren Merkmalen wird der Aufbau schneller, stromtragfähiger und spannungsfester PTC-Polymer-elemente möglich.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein elektrisches Bauteil mit einem PTC-Polymererelement. Solche Bauteile sind z. B. bekannt aus der EP 0 655 760 A2, gemäß der ein PTC-Polymererelement zur Überstrombegrenzung verwendet und das PTC-Polymererelement dazu mit einem Lasttrennschalter seriell verschaltet wird. Ein Strom über einem durch die Auslegung des PTC-Polymererelements bestimmten Schwellenwert erzeugt dabei ein schnelles nichtlineares Ansteigen des elektrischen Widerstandes des PTC-Polymererelements und begrenzt dadurch die Überströme. Der Lasttrennschalter kann den begrenzten Strom dann vollständig unterbrechen.

**[0002]** Bezüglich des Einsatzes von PTC-Polymererelementen bei höheren Spannungen sind in den US-Patenten 5,313,184 und 5,414,403 verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen worden, durch Widerstandssysteme aus PTC-Polymererelementen und Varistorelementen oder linearen Widerstandselementen lokale Überspannungen im PTC-Polymermaterial zu reduzieren und das nichtlineare Ansprechverhalten des PTC-Polymermaterials örtlich zu verteilen. In Zusammenhang mit der Lehre dieser beiden Dokumente ist festzustellen, daß bei der vorliegenden Erfindung der Begriff PTC-Polymererelement und PTC-Polymermaterial durchaus auch solche Elemente und Materialien mit umfaßt, denen Bestandteile ohne PTC-Verhalten, beispielsweise lineare Widerstandselemente oder Varistorelemente zugesetzt sind.

**[0003]** Weiterhin bezieht sich diese Erfindung auf ein solches elektrisches Bauteil, bei dem das PTC-Polymererelement keine konstante stromtragende Querschnittsfläche aufweist, sondern die Leitungsquerschnittsfläche eingeschnürt ist. Die diese Querschnittsfläche definierende Hauptstromrichtung ist im allgemeinen durch äußere Kontakte an dem PTC-Polymererelement oder durch die Geometrie vorgegeben. Sie muß dabei jedoch nicht allen auftretenden lokalen Stromrichtungen entsprechen, sondern gewissermaßen nur deren Mittelwert.

**[0004]** Durch eine solche Einschnürung des Leitungsquerschnitts wird die Stromdichte relativ zum übrigen PTC-Polymererelement lokal erhöht, so daß vorgegeben ist, an welcher Stelle der nichtlineare Widerstandsanstieg des PTC-Effekts beim Erreichen entsprechender Stromschwellenwerte beginnt.

**[0005]** Die EP 0 798 750 A2 zeigt wiederum ein Widerstandssystem aus einem PTC-Polymererelement mit Varistorelementen, bei dem solche Einschnürungen vorgesehen sind.

**[0006]** Das US-Patent 3,351,882 zeigt ebenfalls PTC-Polymererelemente mit Einschnürungen, wobei hierzu die Begründung gegeben wird, daß durch geeignete Wahl der Einschnürungen eine Überhitzung in der Nähe der Kontaktstellen des PTC-Polymererelements vermieden werden soll.

**[0007]** Weiterhin ist als Stand der Technik zu nennen das Europäische Patent EP 0 038 715 B1, bei dem durch eine bestimmte Auslegung eines PTC-Polymererelements mit einer Einschnürung ein sehr schnelles Ansprechverhalten im Bereich von einigen Sekunden oder darunter erreicht werden soll.

**[0008]** Ein PTC-Polymererelement mit einer Einschnürung zeigen ferner auch die JP 4-130602 mit Patent Abstract, die DE 196 26 238 A1 sowie die US-Patente 4,317,027 und 4,352,083. Die beiden letztgenannten Druckschriften zeigen insbesondere auch, daß Einschnürungen durch benachbarte Aussparungen in einem PTC-Polymermaterial gebildet sein können. Dabei sind die Aussparungen mit einem im wesentlichen nichtleitenden Material oder mit Luft gefüllt.

**[0009]** Ausgehend von dem geschilderten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung das technische Problem zugrunde, ein elektrisches Bauteil mit einem PTC-Polymererelement anzugeben, bei dem das PTC-Polymererelement ein besonders schnelles Ansprechverhalten und im normalleitenden Fall eine gute Stromtragfähigkeit sowie im übrigen einen zuverlässigen und dauerhaften Betrieb zeigt.

**[0010]** Dazu sieht die Erfindung ein elektrisches Bauteil mit einem PTC-Polymererelement vor, das eine Einschnürung der Querschnittsfläche senkrecht zu einer Hauptstromrichtung aufweist, wobei ein Öffnungswinkel der Einschnürung in einer die Hauptstromrichtung enthaltenden Längsschnittebene zumindest 100° beträgt.

**[0011]** Die Erfindung bezieht sich also auf PTC-Polymererelemente, bei denen die im Stand der Technik an sich bekannte Einschnürung besonders steil verläuft, also einen besonders großen Öffnungswinkel aufweist. Zunächst ist dabei festzustellen, daß in vielen Fällen, die Einschnürung nur durch Begrenzung der Querschnittsfläche in einer Richtung gebildet ist, das PTC-Polymererelement also sozusagen eine zweidimensionale Grundstruktur hat. Insoweit bezieht sich die Definition der Erfindung auf einen Öffnungswinkel in einer die Hauptstromrichtung enthaltenden Längsschnittebene durch das PTC-Polymererelement.

**[0012]** Es kann natürlich auch eine weitere Einschnürung in einer weiteren Dimension senkrecht zur Hauptstromrichtung vorliegen. Die Erfindung bezieht sich dabei auf solche PTC-Polymererelemente, bei denen der Wert von 100° für den Öffnungswinkel in zumindest einer Längsschnittebene erreicht oder überschritten wird.

**[0013]** Der Öffnungswinkel ist dabei definiert aus der Perspektive der Stelle mit minimalem Querschnitt in der Einschnürung, also im Sinne einer Verbreiterung von der Stelle minimalen Querschnitts ausgehend. Dabei existiert in der Längsschnittebene zu jeder Seite von der minimalen Querschnittsfläche aus gesehen jeweils ein rechter und ein linker Öffnungswinkel. Bei der Erfindung sind dabei auf einer Seite der rechte und der linke Öffnungswinkel zusammengefaßt zu einem Summenöffnungswinkel von zumindest 100°, der jedoch in zwei Teilen an verschiedenen Scheitelpunkten auftritt. Dabei

sind die Scheitelpunkte der beiden Teile des Öffnungswinkels durch die Querausdehnung der minimalen Querschnittsfläche in der betrachteten Längsschnittebene voneinander getrennt. Es ist dabei nicht notwendig, daß die beiden Teile des Summenöffnungswinkels identisch sind, jedoch bevorzugt. Im übrigen muß nach der Erfindung der (Summen-)Öffnungswinkel von der minimalen Querschnittsfläche aus gesehen zumindest nach einer der beiden Seiten gegeben sein, gilt jedoch vorzugsweise für beide Seiten.

**[0014]** Die zur Definition der beiden Teile des Gesamtöffnungswinkels notwendigen zur Hauptstromrichtung gewinkelten Streckenabschnitte beiderseits der Einschnürung müssen nicht unbedingt regelmäßig geformt sein. Es genügt, wenn sich ein die erfindungsgemäße Winkelbedingung erfüllender Streckenabschnitt als Mittelwert definieren läßt. Bevorzugt ist es jedoch, daß die Einschnürungsflanken beiderseits der minimalen Querschnittsfläche im wesentlichen gerade sind und somit den Öffnungswinkel insgesamt im wesentlichen ohne Mittelwertbildung definieren. Dann kann es nämlich keine deutlichen lokalen Abweichungen von der erfindungsgemäß bevorzugten steilen Ausbildung der Einschnürung geben.

**[0015]** Der erwähnte Wert von 100° für den Gesamtöffnungswinkel (also z. B. ein Teilöffnungswinkel rechts von 50° und ein Teilöffnungswinkel links von 50°) bildet die untere Schranke für die Erfindung. Tatsächlich sind jedoch noch größere Öffnungswinkel günstiger, zunehmend bevorzugt sind also Öffnungswinkel von z. B. 105°, 110°, 115° oder 120° und darüber.

**[0016]** Der erfindungsgemäße Effekt besteht dabei (mit größeren Winkeln zunehmend) darin, daß einerseits sehr schnell ansprechende PTC-Polymer Elemente realisiert werden können, die andererseits im Vergleich zum Stand der Technik dennoch relativ hohe Stromtragfähigkeiten im nicht ansprechenden bzw. bereits angesprochenen Zustand zeigen.

**[0017]** Bei der Entwicklung der Erfindung hat es sich nämlich als wesentlich herausgestellt, diese beiden Kriterien möglichst gleichzeitig gut zu erfüllen, d. h. einerseits mit begrenztem Gesamttraumangebot für das gesamte elektrische Bauteil bzw. das PTC-Polymer Element eine hohe Stromtragfähigkeit zu realisieren, andererseits jedoch die Verringerung der Leitungsquerschnitte auf ein schnelles Ansprechverhalten hin auslegen zu können. Es hat sich dabei gezeigt, daß besonders starke relative Leitungsquerschnittsverringern ein besonders schnelles Ansprechverhalten nach sich ziehen und dabei andererseits besonders steile Einschnürungen, also besonders kurze Einschnürungsstücke, die besten Stromtragfähigkeiten zeigen.

**[0018]** Man kann dies vermutlich mit der deutlich besseren Kühlwirkung kurzer stumpfwinkliger Einschnürungen gegenüber langen eher spitzwinkligen Einschnürungen erklären. Diese haben dabei wohl den Vorteil einer verbesserten Stromtragfähigkeit, weil sich nicht durch einen thermischen Stau bei relativ hohen

Strombelastungen, jedoch unterhalb des Stromschwellenwerts, Stabilitätsprobleme oder ein unbeabsichtigtes Ansprechverhalten ergeben können.

**[0019]** In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, daß durch starke, aber kurze Einschnürungen eine relativ kurze Gesamtlänge des PTC-Polymer Elements in der Hauptstromrichtung erreicht werden kann, was den Ohm'schen Gesamtwiderstand im normalleitenden Zustand verringert. Dies ist vor allem zusammen mit den erfindungsgemäß bevorzugten Einschnürungen auf besonders kleine Leitungsquerschnittsflächen wichtig.

**[0020]** Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt der Erfindung besteht darin, daß mit den erfindungsgemäßen Werten für den Öffnungswinkel bei guter Stromtragfähigkeit derart schnell ansprechende Einschnürungen hergestellt werden können, daß bei einer Serienschaltung von zumindest zwei solcher Einschnürungen auch ohne Parallelschaltung eines Varistor- oder Widerstandselements ein gleichzeitiges Ansprechen garantiert ist und somit wirklich eine Vervielfachung der jeweiligen Spannungsfestigkeit einer Einschnürung möglich ist.

**[0021]** Bei der Entwicklung der Erfindung hat sich nämlich herausgestellt, daß eine Serienschaltung von PTC-Widerstandselementen mit definierten Ansprechzonen durchaus nicht unproblematisch ist. Im allgemeinen spricht eine der Ansprechzonen aufgrund geringfügigster Asymmetrien zwischen den verschiedenen Ansprechzonen zuerst an und läßt dann schlagartig die gesamte Spannung an dieser Stelle abfallen, bricht also bei zu hoher anliegender Spannung zusammen. Damit ist das Bauteil zerstört, und der Überstrom nicht begrenzt. Im übrigen ist dann die Serienschaltung der Ansprechstellen durch eine Erhöhung des Nominalwiderstands im leitenden Zustand nur von Nachteil. Diesem Problem konnte bislang nur durch die in dem zitierten Stand der Technik beschriebenen Parallelschaltungen von Varistor- oder (Normal-) Widerstandselementen begegnet werden.

**[0022]** Andererseits hat sich herausgestellt, daß die PTC-Materialien offenbar eine gewisse inhärente Resttragfähigkeit hinsichtlich des Wärmeübergangs von den typischerweise in diesen PTC-Materialien vorhandenen leiffähigen Partikeln auf die Polymermatrix, die durch ihre Reaktion auf die Temperaturerhöhung den eigentlichen PTC-Effekt erst hervorruft, zeigen. Ist das Ansprechverhalten deutlich schneller als diese inhärente Trägheit, so kann ein wirklich gleichzeitiges Ansprechen seriell geschalteter Ansprechstellen bzw. Einschnürungen gewährleistet werden. Dies ist ein besonders wesentlicher Gesichtspunkt der Erfindung, weil damit eine theoretisch unbegrenzte Erhöhung der Spannungsfestigkeit des gesamten elektrischen Bauteils möglich wird.

**[0023]** Um die durch die Erfindung ermöglichte Addition der jeweiligen Spannungsfestigkeit seriell verschalteter Ansprechstellen an den Einschnürungen voll auszunutzen, ist es weiterhin vorzuziehen, diesen Ein-

schnürungen in der Hauptstromrichtung soviel Abstand voneinander zu lassen, daß sich die jeweiligen Zonen des nichtlinearen Ansprechens, also des hohen Widerstandes und des Spannungsabfalls, nicht miteinander verbinden, sondern klar voneinander getrennt bleiben. Dazu ist es erfindungsgemäß insbesondere bevorzugt, daß die minimalen Querschnittsflächen voneinander in der Hauptstromrichtung um zumindest die doppelte minimale Querlängenausdehnung beabstandet sind. Noch größere Werte sind vorzuziehen, nämlich das dreifache, vorzugsweise vierfache. Mit der minimalen Querlängenausdehnung ist dabei die die Stelle der kleinsten Leitungsquerschnittsfläche auszeichnende Längenausdehnung quer zur Hauptstromrichtung gemeint, bei "zweidimensionalen" Einschnürungen die kleinere der beiden.

**[0024]** Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung sind zudem Parallelschaltungen zumindest zweier der Einschnürungen bevorzugt. Dies hat zum einen den Vorteil einer besseren mechanischen Stabilität insbesondere bei größeren Gesamtleitungsquerschnittsflächen. Zum anderen ergibt sich durch die Aufteilung der notwendigen Leitungsquerschnittsfläche auf zwei oder mehrere parallel geschaltete Ansprechstellen auch der Vorteil einer verbesserten Kühlwirkung, d. h. einer besseren thermischen Ankopplung der Ansprechstellen bzw. der Stellen der minimalen Leitungsquerschnittsfläche an das restliche Volumen des PTC-Polymermaterials.

**[0025]** Bei parallel geschalteten Einschnürungen ist es besonders bevorzugt, sie in der Weise benachbart anzuordnen, daß die jeweiligen Flanken der Einschnürungen insgesamt Aussparungen zwischen den Einschnürungen definieren, die bei im wesentlichen geraden Flanken eine Rautenform erhalten. Hierzu wird auf die Ausführungsbeispiele verwiesen.

**[0026]** Erfindungsgemäß können die Parallelschaltungen und Serienschaltungen auch kombiniert werden, wodurch sich ein Feld von Einschnürungen ergibt. Dabei bestimmt/bestimmen die Ausdehnung(en) des Feldes quer zur Hauptstromrichtung die Leitungsquerschnittsfläche und zusammen mit anderen Parametern die Stromtragfähigkeit, während die "Tiefe" des Feldes, also die Serienschaltungszahl, die Spannungsfestigkeit bestimmt.

**[0027]** In allen Fällen von zumindest zwei gekoppelten Einschnürungen, also bei Parallelschaltungen, Serienschaltungen und Kombinationen daraus, ist es bevorzugt, alle Einschnürungen in demselben einstückigen PTC-Polymermaterial vorzusehen, also zwischen den Einschnürungen keine vermeidbaren Materialübergänge entstehen zu lassen.

**[0028]** Hinsichtlich der einzelnen Einschnürungen der Leitungsquerschnittsfläche selbst, ist es bei dieser Erfindung zunächst vorgesehen, die beschriebene Einschnürung der Querschnittsfläche in nur einer Dimension durchzuführen, also nur in einer in der Längsschnittebene enthaltenen Längendimension den Querschnitt

zu verringern und in einer dazu senkrechten Längsschnittebene nicht, wobei die Hauptstromrichtung in beiden Längsschnittebenen enthalten ist. Die hat insbesondere den Vorteil der einfacheren Herstellung durch maschinelle Bearbeitung oder auch durch Spritz- oder Gießverfahren.

**[0029]** So können z. B. aus einem PTC-Polymer-Vollmaterial durch Fräsen oder Schneiden entsprechende Ausnehmungen herausgeschnitten werden, um Einschnürungen zu definieren, was bei einer zweidimensionalen Struktur der Einschnürungen sehr viel leichter ist. Bei Guß- oder Spritzgußverfahren ist zumindest die Herstellung der Formen erleichtert, weil auch diese im allgemeinen spanabhebend erzeugt werden. Aber auch beim Gießen oder Spritzen selbst können sich durch vereinfachte Geometrien Erleichterungen ergeben.

**[0030]** Dabei hat sich bei der Erfindung herausgestellt, daß durch ausreichend große Öffnungswinkel auch schon bei einer Leitungsquerschnittseinschnürung in einer Richtung gute Kombinationen aus schnell ansprechenden Einschnürungen einerseits und guter Stromtragfähigkeit andererseits erzielt werden können.

**[0031]** Andererseits können bei elektrischen Bauteilen, bei denen das PTC-Polymermaterial sehr schnell ansprechen soll, durch Einschnürungen in zwei Richtungen, also letztlich dreidimensionale Formen, trotz erheblicher relativer Verkleinerungen der Leitungsquerschnittsfläche sehr kleine laterale Längenabmessungen vermieden werden, was andererseits die mechanische Stabilität erleichtert und auch bei der Herstellung von Vorteil sein kann. Im übrigen ergeben sich bei solchen Einschnürungen in zwei Richtungen noch kürzere Wärmediffusionswege und damit eine noch bessere Kühlung, insbesondere in Zusammenhang mit der bereits beschriebenen Parallelschaltung mehrerer Einschnürungen.

**[0032]** Auch wenn bei einer besonders hohen notwendigen Stromtragfähigkeit Platzprobleme auftreten, kann durch eine dreidimensionale Gestaltung der Einschnürungen insgesamt auch eine zweidimensionale Parallelschaltung von Einschnürungen denkbar sein, so daß sich in Zusammenhang mit einer hinzukommenden Serienschaltung insgesamt ein dreidimensionales Einschnürungsfeld vorzugsweise in einem einstückigen PTC-Block ergeben kann. Grundsätzlich ist dies jedoch aufwendiger als eine im übrigen vergleichbare Struktur mit eindimensionalen Einschnürungen.

**[0033]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung bezieht sich wiederum auf die Spannungsfestigkeit, jedoch in diesem Fall bezogen bereits auf die einzelne Einschnürung. Hier sieht die Erfindung vor, im wesentlichen in der Hauptstromrichtung einen Steg im Zentrum der Einschnürung, also einen Steg mit im wesentlichen der minimalen Querschnittsfläche der Einschnürung, vorzusehen. Dieser Steg sollte in der Hauptstromrichtung soweit ausgedehnt sein, daß sich - mit einer Länge abhängig von den jeweiligen Parametern des verwendeten PTC-Polymermaterials - eine Zone hohen Widerstands

vollständig im Bereich der minimalen Querschnittsfläche aufbauen kann. Wenn nämlich die Querschnittsfläche zu früh verbreitert wird, so liegt in dem verbreiterten Bereich möglicherweise keine ein Ansprechende des PTC-Polymermaterials verursachende Stromdichte mehr vor, so daß die Ausdehnung der Zone hohen Widerstandes in der Hauptstromrichtung durch die Geometrie und nicht durch die Materialeigenschaften und die elektrischen Parameter begrenzt ist. Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann sich jedoch die Zone des hohen Widerstandes in ganzer Länge und damit die maximale für die einzelne Einschnürung jeweils erreichbare Spannungsfestigkeit aufbauen.

**[0034]** Dabei ist typischerweise ein Bereich zwischen 0,5 und 4 mm, vorzugsweise zwischen 1 und 2 mm für die Ausdehnung des Steges in der Hauptstromrichtung vorzusehen. Zu große Steglängen sind nachteilig, weil sie die für die Erfindung wesentliche Kühlwirkung verschlechtern können.

**[0035]** Weiterhin haben sich bei der Erfindung Einschnürungen als vorteilhaft herausgestellt, insbesondere im Hinblick auf das schnelle Ansprechverhalten, die die Leitungsquerschnittsfläche senkrecht zur Hauptstromrichtung relativ stark einschränken, und zwar um mindestens den Faktor 3 vorzugsweise 4 bzw. 5. Wie bereits erwähnt, ist eine Aufteilung auf zumindest zwei parallel geschaltete Einschnürungen schon aus Stabilitätsgründen und zudem wegen der kürzeren thermischen Diffusionswege vorteilhaft. Dies gilt vor allem für sehr starke Leitungsquerschnittsflächenverringerungen. Die Ausführungsbeispiele ergänzen diesen Punkt.

**[0036]** Ein bevorzugtes Material für das PTC-Polymererelement ist das Material "ETTB" das z. B. aus 50% ETFE und 50%  $TiB_2$  besteht. Dabei ist ETFE eine Abkürzung für das Polymermaterial **E**thylen-**T**etra-**F**luor-**E**thylen. Im Folgenden werden anhand der Ausführungsbeispiele weitere Erläuterungen zu der Erfindung gegeben. Dabei offenbarte Einzelmerkmale können auch in anderen Kombinationen erfindungswesentlich sein. Im einzelnen zeigt:

Figur 1 eine schematische Ansicht eines PTC-Polymererelements mit drei erfindungsgemäßen Einschnürungen in Parallelschaltung;

Figur 2 eine Ansicht eines weiteren erfindungsgemäßen PTC-Polymererelements, das im wesentlichen einer integrierten Serienschaltung zweier PTC-Polymererelemente nach Figur 1 entspricht;

Figur 3 eine Ansicht eines weiteren erfindungsgemäßen PTC-Polymererelements mit einer größeren Zahl seriell verschalteter Einschnürungen, wobei jeweils drei Einschnürungen in jeder Serienstufe parallel geschaltet sind und wobei gegenüber den Figuren 1 und 2 einige geometrische Abweichungen vorliegen;

Figur 4 eine Ausschnittsdarstellung einer Einschnürung und einer Aussparung aus Figur 3;

Figur 5 eine Kombination aus einer Figur 3 entsprechenden Ansicht eines "dreidimensionalen" Feldes von Einschnürungen in einem erfindungsgemäßen PTC-Polymererelement mit einer Seitenansicht dazu; und

Figur 6 ein Diagramm der Beziehung zwischen der Ansprechzeit und dem Belastungsstrom für einen erfindungsgemäßen Widerstand.

**[0037]** Die Erfindung bezieht sich auf ein elektrisches Bauteil mit einem PTC-Polymererelement. Die Ausführungsbeispiele zeigen dabei PTC-Polymererelemente für elektrische Widerstände als eine konkrete Variante eines elektrischen Bauteils. Anwendung finden diese elektrischen Widerstände als Strombegrenzungseinrichtungen in Sicherungsautomaten. Andere elektrische Bauteile können natürlich in ähnlicher Weise mit PTC-Polymererelementen versehen sein, um den PTC-Effekt für bestimmte elektrotechnische Zwecke auszunutzen. Da elektrische Widerstände mit PTC-Polymererelementen an sich Stand der Technik sind, werden im Folgenden nur die PTC-Polymererelemente selbst gezeigt und erklärt. Die Verbindung zu Außenkontakten und die Verwendung in einer äußeren Beschaltung sind dem Fachmann ohne weitere Erklärungen bekannt. Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Ansichten entsprechen dabei einem Querschnittsprofil, das das PTC-Polymererelement 1 auch in der auf der Zeichenebene senkrechten Dimension über seine Dicke hinweg beibehält; es handelt sich also um eine "zweidimensionale Struktur". Die Dicke der Struktur in dieser dritten Dimension beträgt bei diesem Beispiel 1,5 mm, kann aber auch ohne weiteres verändert werden. Dementsprechend ändern sich alle Querschnittsflächen proportional und damit auch die Stromtragfähigkeit.

**[0038]** Figur 1 zeigt nun ein PTC-Polymererelement 1, das für eine Hauptstromrichtung 3 ausgelegt ist, wie mit den Pfeilen angedeutet, also in der Figur vertikal von oben nach unten (oder unten nach oben).

**[0039]** Dementsprechend zeigt Figur 1 eine Längsschnittebene, die die Hauptstromrichtung 3 enthält. In dieser Längsschnittebene sind im Sinne der Figur horizontal nebeneinander drei bis auf ihre jeweilige Lage im PTC-Polymererelement 1 gleichartige Einschnürungen 2 vorgesehen. Diese Einschnürungen sind gebildet durch zwei in der Längsschnittebene rautenförmige luftgefüllte Aussparungen 9 im Vollmaterial und zwei weitere Aussparungen 9 rechts und links am Rand (im Sinne von Einkerbungen) des Vollmaterials. Der erfindungsgemäß wesentliche Öffnungswinkel  $\alpha$  tritt, wie bereits weiter oben erläutert, zu beiden jeweiligen Seiten einer Einschnürung 2 jeweils in zwei Teilen auf, die im vorliegenden Fall gleich groß sind. Dies bedeutet konkret, daß der Winkel zwischen einer geraden Flanke 8 einer

der insgesamt vier Aussparungen 9 und der Hauptstromrichtung von der Einschnürung 2 aus gesehen (wie in der Figur mit  $\alpha/2$  bezeichnet)  $60^\circ$  beträgt, der gesamte Öffnungswinkel somit  $120^\circ$ . Dementsprechend betragen die Winkel in den Aussparungen seitlich jeweils  $60^\circ$  und bei den Aussparungen 9 in der Mitte des PTC-Polymerelements 1 oben und unten  $120^\circ$ .

**[0040]** Bei einer Gesamtbreite des dargestellten PTC-Polymerelements 1 von 40 mm betragen die kleinsten Leitungsquerschnittsflächen 7 in den Einschnürungen 2 in der Breite jeweils 2 mm und sind durch die Breite einer Aussparung 9 im Vollmaterial von 11 mm voneinander getrennt.

**[0041]** Figur 2 zeigt eine Figur 1 weitgehend entsprechende Struktur, bei der jedoch das in Figur 1 dargestellte System aus Einschnürungen 2 und Aussparungen 9 doppelt und in der Hauptstromrichtung 3 hintereinander liegend vorgesehen ist. Dabei liegen die Einschnürungen 2 und Aussparungen 9 in der (vertikalen) Hauptstromrichtung 3 fluchtend hintereinander. Der Abstand 10 zwischen den Stellen der kleinsten Querschnittsflächen 7 in der Hauptstromrichtung 3 voneinander beträgt bei der Struktur in Figur 2 etwa 8 mm. Dieser Abstand von 8 mm beträgt damit das vierfache der minimalen Querausdehnung der Einschnürungen 2 von 2 mm.

**[0042]** Figur 3 zeigt ein gegenüber Figur 2 in dreierlei Hinsicht verändertes Ausführungsbeispiel. Zunächst ist aus einer Serienschaltung von jeweils zwei Einschnürungen 2 eine Serienschaltung einer Vielzahl von Einschnürungen 2 in jeder "Säule" der Parallelschaltung geworden, wobei nur die jeweils obersten vier Einschnürungen dargestellt sind. Ferner sind bei diesem Ausführungsbeispiel alle in den Strukturen aus Figur 1 und Figur 2 weitgehend scharfen Ecken etwas abgerundet, was bei der mechanischen Bearbeitung eines PTC-Polymerblocks oder einer Form für ein Spritz- oder Gußverfahren deutliche Vereinfachungen bietet. Diese Abrundungen ändern nichts Wesentliches an der Funktionsweise der dargestellten Geometrie.

**[0043]** Schließlich sind die Stellen minimaler Leitungsquerschnittsfläche 7 zu Stegen 5 verlängert, die sich über eine Strecke 6 in der Hauptstromrichtung 3 erstrecken. Dies ist in der Ausschnittsdarstellung in Figur 4 besser zu erkennen. Die Länge 6 der Stege 5 beträgt 1 mm ohne Einrechnung des Krümmungsansatzes zum Öffnungswinkel hin, unter Berücksichtigung eines Teils dieser Krümmung zwischen 1-2 mm. Dementsprechend ist der Abstand 10 der Stellen minimalen Querschnitts 7 in der Hauptstromrichtung 3 bei diesem Ausführungsbeispiel um 1 mm länger als in Figur 2, wenn man ihn jeweils von der Stegmitte aus berechnet; die Steglänge ist also zusätzlich zu diesem Abstand vorgesehen (Bezugszeichen 10 ergänzen). Die übrigen Abmessungen entsprechen den zuvor angegebenen Werten.

**[0044]** Eine weitere Variation zeigt Figur 5. Dabei ist auch die auf der Zeichenebene der Figuren 3 und 4

senkrechte Dimension zur Strukturierung der Einschnürungen mitgenutzt; es handelt sich also um eine "dreidimensionale Einschnürungsstruktur". Im linken Teil zeigt Figur 5 eine Draufsicht auf diese Figur, die soweit Figur 3 identisch entspricht. Allerdings ist die Oberfläche und die Unterseite dieses PTC-Polymerelements 1 korrigiert, d. h. weist seitliche Aussparungen oder Einkerbungen 11 auch auf der Oberseite und Unterseite auf. Entsprechend gibt es auch in dieser "dritten Dimension" Aussparungen 12 im Vollmaterial des PTC-Polymerelements 1. Die wellenartigen Aussparungen 11 an der Ober- und Unterseite und die Aussparungen 12 im Vollmaterial ergänzen die bereits anhand Figur 3 und 4 beschriebenen Aussparungen 9 synchron, haben also sozusagen gleiche Frequenz und gleiche Phase (vgl. dazu die gestrichelten Hilfslinien in Figur 5). Im Ergebnis ist die relative Flächenverringering an den Einschnürungen 2 gewissermaßen um einen in der dritten Dimension zusätzlich erzielten Faktor verstärkt. Deswegen ist es nicht unbedingt erforderlich, daß die zu der obigen Definition analogen Öffnungswinkel der weiteren Längsschnittebene in der rechten Seite in Figur 5 Werte von zumindest  $100^\circ$  aufweisen.

**[0045]** Bei den Strukturen aus den Figuren 1, 2, 3 und 4 ergeben sich dabei Leitungsquerschnittsflächenverringeringen auf 15% der maximalen Leitungsquerschnittsfläche, bei der Struktur aus Figur 5 sogar auf 5%. Es ist klar, daß die jeweils angedeuteten Verkettungen von Einschnürungen 2 als Serienschaltung in der Hauptstromrichtung 3 und als Parallelschaltung in der in der Zeichenebene der Figuren 1-4 liegenden Richtung senkrecht hierzu sowie in der dritten Richtung in Figur 5 beliebig fortgesetzt sein können. Es handelt sich im Grunde um ein im wesentlichen regelmäßiges Gitter von Einschnürungen, das je nach Anforderungen an die Gesamtgeometrie, an die Spannungsfestigkeit und an die Stromtragfähigkeit geeignet angepaßt werden kann. Im übrigen können auch mehrere plattenartige PTC-Polymerelemente 1 nach den Figuren 1-5 in einem elektrischen Bauelement parallelgeschaltet werden. Dadurch kann eine große Stromtragfähigkeit bei gleichzeitig einfacher Herstellung der einzelnen Platten erreicht werden.

**[0046]** Wie bereits erwähnt ist das PTC-Polymerelement dabei aus dem Material ETTB aus 50% ETFE und 50%  $\text{TiB}_2$  gefertigt. Bei den hier dargestellten Ausführungsbeispielen wurde das Material aus einem Block herausgefräst bzw. geschnitten, für eine Großserienfertigung sind jedoch auch verschiedene Spritz- und Gießverfahren nach dem Stand der Technik denkbar. Dabei können die entsprechenden Metallkontakte u. U. in einem Arbeitsgang mit angeformt werden.

**[0047]** Dabei ist klar, daß die in Figur 5 dargestellte Struktur eine etwas kompliziertere Herstellung erforderlich macht. Andererseits bietet sie ein im Vergleich zu den anderen Strukturen noch weiter verbessertes Ansprechverhalten.

**[0048]** Weiterhin sind die Strukturen nach den Figu-

ren 3, 4 und 5 gegenüber den Strukturen in den Figuren 1 und 2 durch die Ausbildung der Einschnürungen 2 in der beschriebenen Stegform hinsichtlich der Spannungsfestigkeit im Ansprechzustand verbessert. Ein typischer Wert für eine einzelne Einschnürung 2 liegt dabei je nach Material im Bereich von 150-300 V (Effektivwert). Für einen typischen Anwendungsfall, ein Niederspannungssicherungssystem im Bereich von z. B. 690 V sind dementsprechend mehrere, maximal fünf seriell verschaltete Einschnürungen 2 notwendig.

**[0049]** Zur Illustration des Ansprechverhaltens zeigt Figur 6 Meßwerte an einem Versuchsmuster der Struktur aus Figur 2, und zwar für die Ansprechzeit an der Ordinate gegenüber dem Quotienten aus dem tatsächlichen Belastungsstrom und dem maximalen Ausleungsstrom im normalleitenden Zustand. Man erkennt, daß die Kurve bei kleinen Überströmen zu stark verlängerten Ansprechzeiten hin ansteigt, das PTC-Polymer-element 1 also im Bereich kleiner Vielfacher des Nennstroms nur träge anspricht. Dieses Verhalten ist grundsätzlich typisch für PTC-Polymermaterialien; bei dem erfindungsgemäßen Muster ist das Ansprechverhalten in der unmittelbaren Umgebung, etwa unterhalb des 1,3fachen des Nennstroms, jedoch noch langsamer als bei konventionellen Vergleichsstücken. Dies verdeutlicht die verbesserte Kühlwirkung aufgrund der erfindungsgemäßen Geometrie, die eine Dauerbelastung in der Nähe des Nennstroms für längere Zeit möglich macht.

**[0050]** Andererseits ist das Ansprechverhalten des erfindungsgemäßen PTC-Polymerelements 1 oberhalb eines Werts etwa des 1,3fachen bis 2fachen des Nennstroms erheblich schneller, und zwar um 1-2 Zehnerpotenzen schneller, als bei konventionellen Beispielen. Dies gilt etwa bis zum 100fachen Nennstrom; danach ist das erfindungsgemäße Muster immer noch besser als der Stand der Technik, verliert jedoch an Vorsprung.

**[0051]** Abschließend wird darauf hingewiesen, daß das gleichzeitige Ansprechen seriell geschalteter erfindungsgemäßer Einschnürungen über Infrarot-Framerkameraaufnahmen verifiziert wurde.

## Patentansprüche

1. Elektrisches Bauelement mit einem PTC-Polymer-element (1), das eine Einschnürung (2) der Querschnittsfläche senkrecht zu einer Hauptstromrichtung (3) aufweist, wobei ein Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) der Einschnürung (2) in einer die Hauptstromrichtung (3) enthaltenden Längsschnittebene zumindest  $100^\circ$  beträgt.
2. Elektrisches Bauelement nach Anspruch 1, bei dem der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) zumindest  $110^\circ$  beträgt.
3. Elektrisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2

mit zumindest zwei seriell geschalteten der Einschnürungen (2).

4. Elektrisches Bauelement nach Anspruch 3, bei dem minimale Querschnittsflächen (7) der seriell geschalteten Einschnürungen (2) voneinander in der Hauptstromrichtung (3) um zumindest die doppelte, vorzugsweise die vierfache minimale Querlängenausdehnung der minimalen Querschnittsfläche beabstandet (10) sind.
5. Elektrisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche mit zumindest zwei parallel geschalteten der Einschnürungen (2).
6. Elektrisches Bauelement nach Anspruch 3, 4 oder 5, bei dem die Einschnürungen (2) in demselben einstückigen PTC-Polymerelement (1) gebildet sind.
7. Elektrisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Einschnürung (2) die Querschnittsfläche in nur einer in der Längsschnittebene enthaltenen Längendimension (4) reduziert.
8. Elektrisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Einschnürung (2) einen in der Hauptstromrichtung (3) über eine kurze Strecke (6) ausgedehnten Steg (5) mit dem wesentlichen der minimalen Querschnittsfläche (7) der Einschnürung (2) entlang dem Steg (5) aufweist.
9. Elektrisches Bauelement nach Anspruch 8, bei dem die kurze Strecke (6) zwischen 0,5 mm und 4 mm, vorzugsweise zwischen 1 mm und 2 mm lang ist.
10. Elektrisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Einschnürung (2) die Querschnittsfläche senkrecht zur Hauptstromrichtung (3) um mindestens den Faktor 3, vorzugsweise den Faktor 4 oder 5 reduziert.
11. Elektrisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Material des PTC-Polymerelements (1) ETTB ist.
12. Elektrisches Bauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Einschnürung (2) in der den jeweiligen Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) enthaltenden Längsschnittebene beiderseits des minimalen Querschnitts (7) im wesentlichen gerade Einschnürungsflanken (8) aufweist.
13. Elektrisches Bauelement nach den Ansprüchen 5 und 12, bei dem die parallelen Einschnürungen (2) in der Weise unmittelbar benachbart sind, daß sich zwischen ihnen in der Längsschnittfläche eine im

wesentlichen rautenförmige Aussparung (9) ergibt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



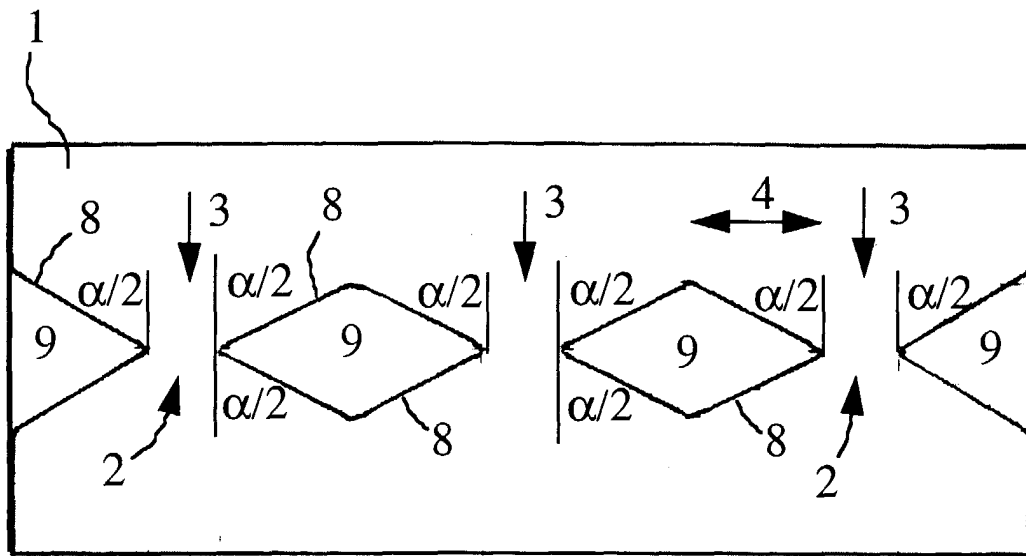


Fig. 1

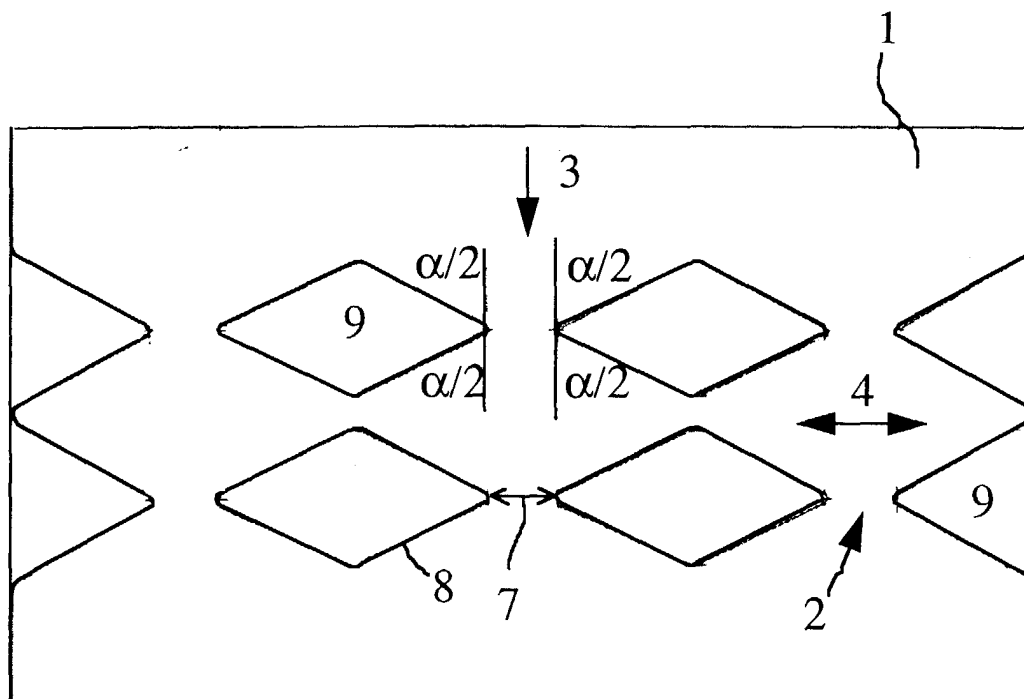


Fig. 2

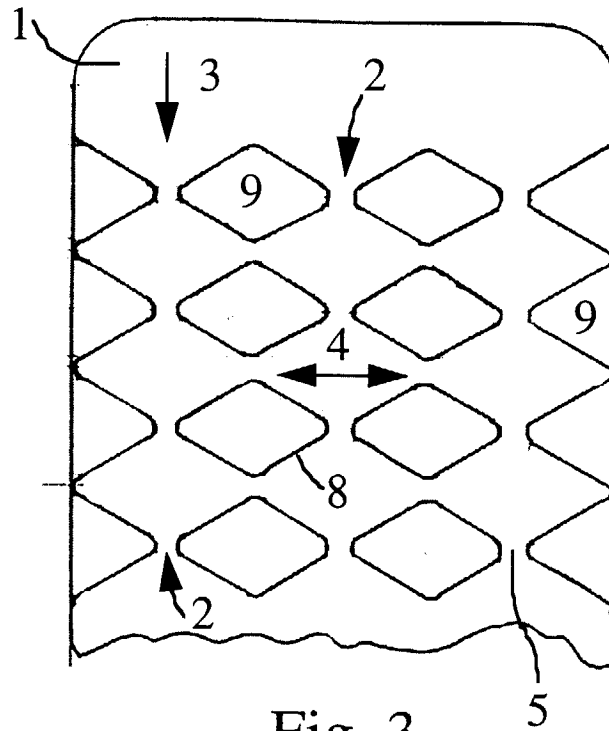


Fig. 3

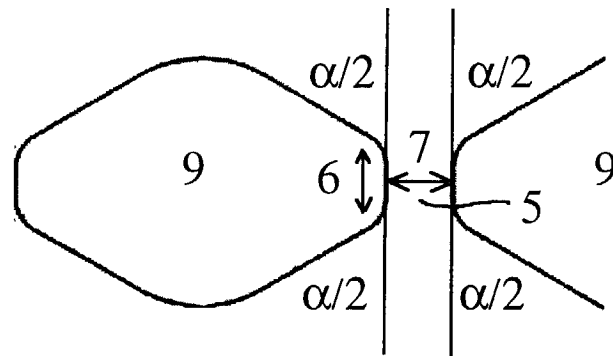


Fig. 4

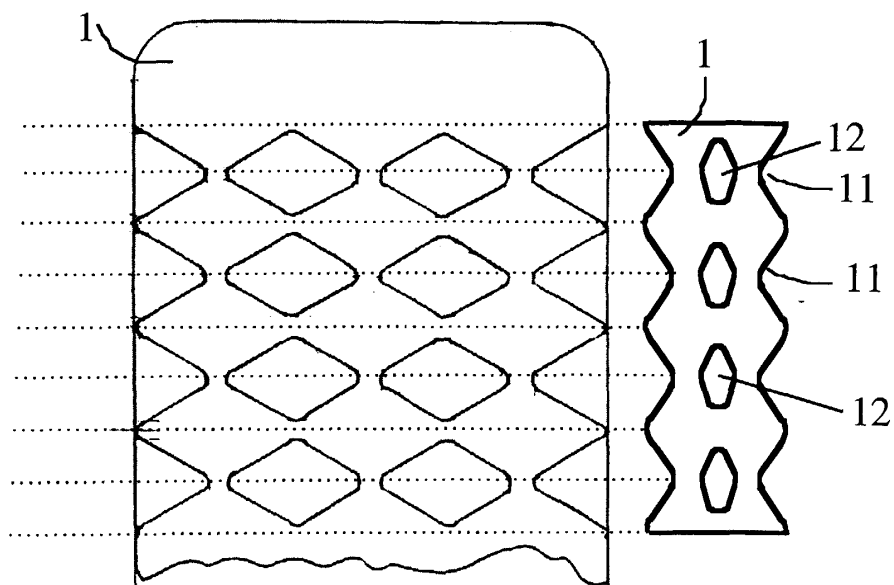


Fig. 5

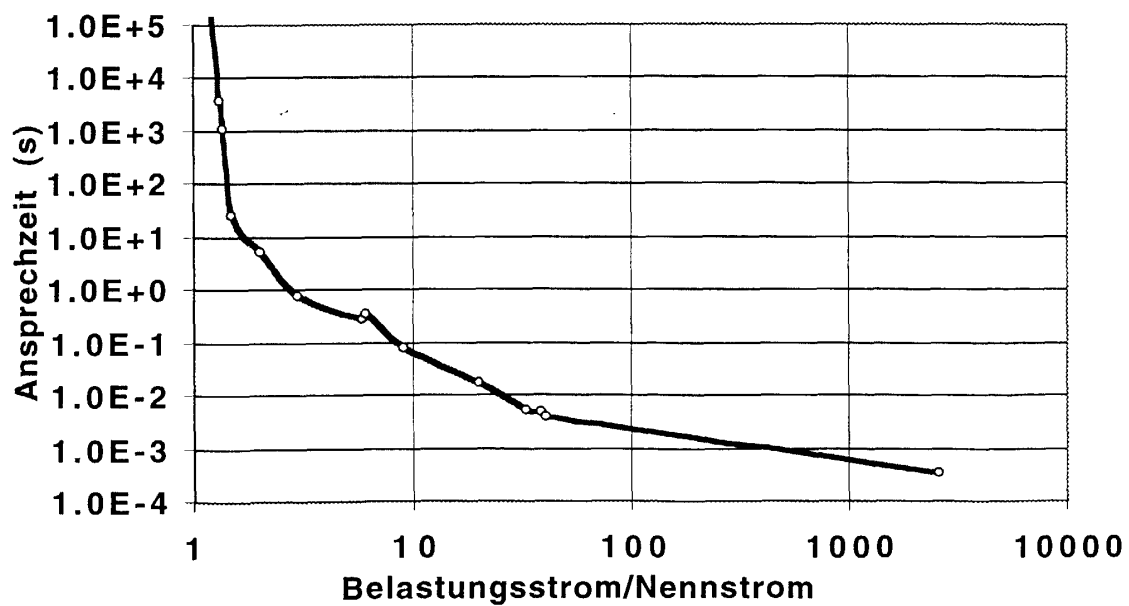


Fig. 6